

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-272561

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/122
G02B 6/12
G02F 1/01
G02F 1/313

(21)Application number : 2001-006776

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 15.01.2001

(72)Inventor : INOUE YASUYUKI
OKUNO MASAYUKI
HIMENO AKIRA
HIBINO YOSHINORI

(30)Priority

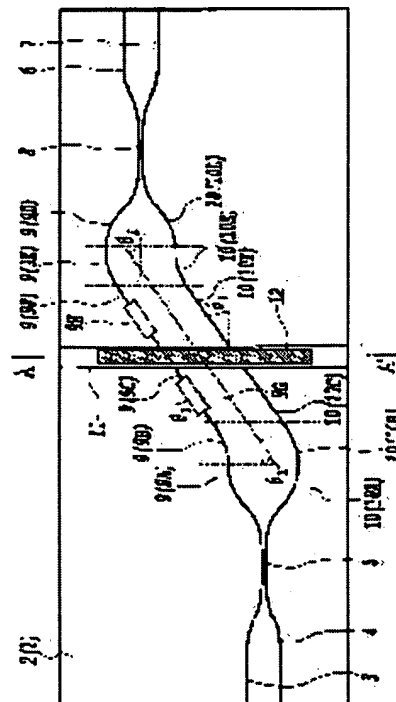
Priority number : 2000013029 Priority date : 21.01.2000 Priority country : JP

(54) POLARIZATION INDEPENDENT WAVEGUIDE TYPE OPTICAL CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a polarization independent waveguide type optical circuit constituted to completely eliminate polarization dependence and to decrease reflection return light.

SOLUTION: An intermediate segment of two connecting waveguides 9 and 10 comprises S-shaped waveguides of the same shape respectively consisting of two curvilinear waveguides 9B, 9E 10B and 10E or the two curvilinear waveguides and straight waveguides 9C, 9F, 10C and 10F connecting the curvilinear waveguides. A groove 11 dug to cross the S-shaped waveguides is provided with one or two polarization rotating devices 12 and a perpendicular to the light incident surface of the polarization rotating devices 12 and the S-shaped waveguides form an angle $\Theta 1$ greater than 0° .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3429277

[Date of registration]

16.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-272561

(P2001-272561A)

(43) 公開日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 0 2 B 6/122		G 0 2 F 1/01	C
6/12		1/313	
G 0 2 F 1/01		G 0 2 B 6/12	D
1/313			F
			H
審査請求 有 請求項の数10 O L (全 15 頁)			

(21) 出願番号 特願2001-6776 (P2001-6776)
 (22) 出願日 平成13年1月15日 (2001.1.15)
 (31) 優先権主張番号 特願2000-13029 (P2000-13029)
 (32) 優先日 平成12年1月21日 (2000.1.21)
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226
 日本電信電話株式会社
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
 (72) 発明者 井上 靖之
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
 本電信電話株式会社内
 (72) 発明者 奥野 将之
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
 本電信電話株式会社内
 (74) 代理人 100077481
 弁理士 谷 義一 (外1名)

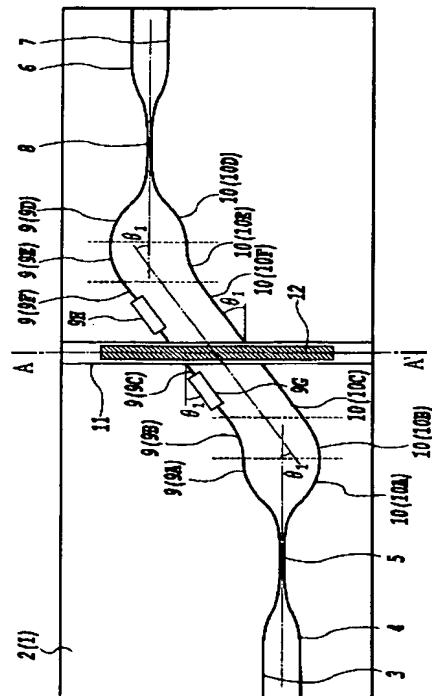
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏波無依存導波路型光回路

(57) 【要約】

【課題】 偏波依存性を完全に解消し、かつ反射戻り光を低減するようにした偏波無依存導波路型光回路を提供すること。

【解決手段】 2本の連結導波路9、10の中間部分が、それぞれ2個の曲線導波路9B、9E、10B、10Eまたは2個の曲線導波路とこの曲線導波路を連結する直線導波路9C、9F、10C、10Fがらなる同一形状のS字状導波路で構成され、偏波回転器12が、S字状導波路を横断するように掘られた溝11に1個もしくは2個設けられており、偏波回転器12の光の入射面に対する垂線とS字状導波路とが0度よりも大きい角度 Θ_1 をなしている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成された1本あるいは複数本の入力導波路と、該入力導波路と接続した第1の光カブラと、1本あるいは複数本の出力導波路と、該出力導波路と接続した第2の光カブラと、前記第1の光カブラと第2の光カブラとを接続する複数の連結導波路とからなる光回路の前記連結導波路の光路の中心に、水平偏波の光は垂直偏波の光に変換し、垂直偏波の光は水平偏波の光に変換する偏波回転器を設けた偏波無依存導波路型光回路において、

前記複数の連結導波路の中間部分が、それぞれ2個の曲線導波路、または2個の曲線導波路と該曲線導波路を連結する直線導波路から成る同一形状のS字状導波路で構成され、

前記偏波回転器が、前記S字状光導波路を横断するように掘られた溝に1個もしくは2個設けられており、前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前記S字状導波路とが0度よりも大きい角度をなしていることを特徴とする偏波無依存導波路型光回路。

【請求項2】 基板上に形成された2本の光導波路が接近されてなる第1方向性結合器及び第2方向性結合器と、前記第1方向性結合器及び前記第2方向性結合器を連結する2本の連結導波路から成るマッハツェンダ干渉計型光導波回路の前記連結導波路の光路の中心に、水平偏波の光は垂直偏波の光に変換し、垂直偏波の光は水平偏波の光に変換する偏波回転器を設けた偏波無依存導波路型光回路において、

前記2本の連結導波路の中間部分が、それぞれ2個の曲線導波路、または2個の曲線導波路と該曲線導波路を連結する直線導波路から成る同一形状のS字状導波路で構成され、

前記偏波回転器が、前記S字状光導波路を横断するように掘られた溝に1個もしくは2個設けられており、前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前記S字状導波路とが0度よりも大きい角度をなしていることを特徴とする偏波無依存導波路型光回路。

【請求項3】 基板上に形成された2本の光導波路が接近されてなる第1マルチモード干渉カブラ及び第2マルチモード干渉カブラと、該第1マルチモード干渉カブラ及び第2マルチモード干渉カブラを連結する2本の連結導波路から成るマッハツェンダ干渉計型光導波回路の前記連結導波路の光路の中心に、水平偏波の光は垂直偏波の光に変換し、垂直偏波の光は水平偏波の光に変換する偏波回転器を設けた偏波無依存導波路型光回路において、前記2本の連結導波路の中間部分が、それぞれ2個の曲線導波路、または2個の曲線導波路と該曲線導波路を連結する直線導波路から成る同一形状のS字状導波路で構成され、前記偏波回転器が、前記S字状光導波路を横断するように掘られた溝に1個もしくは2個設けられており、前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前

記S字状導波路とが0度よりも大きい角度をなしていることを特徴とする偏波無依存導波路型光回路。

【請求項4】 前記連結導波路の少なくとも1方に熱光学移相器が設けられており、該熱光学移相器が前記偏波回転器の入力側および出力側に分離されて設けられていることを特徴とする請求項2又は3に記載の偏波無依存導波路型光回路。

【請求項5】 1本あるいは複数本の入力導波路と、該入力導波路を伝搬してきた光が自由伝搬する第1スラブ導波路と、該第1スラブ導波路に接続された複数本の導波路であり、かつ、隣接する導波路間にそれぞれ一定の光路長差が設けられたアレー導波路と、該アレー導波路が接続されアレー導波路を伝搬してきた光が自由伝搬する第2スラブ導波路と、該第2スラブ導波路に接続された1本あるいは複数本の出力導波路からなるアレー導波路格子回路の前記アレー導波路の光路の中心に、水平偏波の光は垂直偏波の光に変換し、垂直偏波の光は水平偏波の光に変換する偏波回転器を設けた偏波無依存導波路型光回路において、前記アレー導波路の中間部分が、それぞれ2個の曲線導波路、または2個の曲線導波路と該曲線導波路を連結する直線導波路からなる同一形状のS字状導波路で構成され、前記偏波回転器が、前記S字状導波路を横断するように掘られた溝に1個もしくは複数個設けられており、前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前記S字状導波路とが0度よりも大きい角度をなしていることを特徴とする偏波無依存導波路型光回路。

【請求項6】 前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前記S字状導波路とのなす角が3〜10度であることを特徴とする請求項1乃至5いずれか1項に記載の偏波無依存導波路型光回路。

【請求項7】 前記曲線導波路を連結する直線導波路が、長手方向に幅の変化するテーパ形状になっており、前記偏波回転器の部分でその幅が最大になっていることを特徴とする請求項1乃至6いずれか1項に記載の偏波無依存導波路型光回路。

【請求項8】 前記偏波回転器は、1/2波長板であり、該1/2波長板の光学的主軸が導波路基板面と45度の角度をなすように設置されていることを特徴とする請求項1乃至7いずれか1項に記載の偏波無依存導波路型光回路。

【請求項9】 前記偏波回転器が、薄膜型1/2波長板であることを特徴とする請求項1乃至8いずれか1項に記載の偏波無依存導波路型光回路。

【請求項10】 前記光導波路がガラス光導波路であることを特徴とする請求項1乃至9いずれか1項に記載の偏波無依存導波路型光回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信システムの構築、光情報処理装置などに用いられる導波路型光回路

に関し、特に、偏波依存性のない偏波無依存導波路型光回路に適用して有効な技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、光通信技術の進展にともない、各種の光部品が研究開発されているが、なかでも平面基板上の光導波路を基本とした導波路型光部品が最も重要な部品となっている。これは、導波路型光部品がフォトリソグラフィ技術および微細加工技術によって光波長以下の精度で再現良く量産可能という特徴を有するからである。

【0003】例えば、導波路型マッハツェンダ干渉計光回路は、基板上の2個の光カプラと、この2個の光カプラの間を結ぶ2本の連結導波路からなり、2本の連結導波路間の光路長差や光カプラでの干渉時における位相状態をコントロールすることで様々な機能を実現出来ることから利用用途が広く、実用化が進んでいる。

【0004】図9に従来の導波路型マッハツェンダ干渉計光回路の例を示す。図9(a)は平面図、図9(b)は、図9(a)のB-B'線における断面図である。

【0005】マッハツェンダ干渉計光回路は、図9(a)に示すように、シリコン基板21上のクラッド22に作製された第1入力導波路23及び第2入力導波路24と、第1入力導波路23と第2入力導波路24を近接させた第1方向性結合器25と、第1出力導波路26及び第2出力導波路27と、第1出力導波路26と第2出力導波路27を近接させた第2方向性結合器28と、第1方向性結合器25と第2方向性結合器28を連結する第1連結導波路39及び第2連結導波路40と、熱光学移相器(薄膜ヒータ)41から構成される。光導波路の材料には火炎堆積法により作製した石英ガラスを用いている。その断面は、図9(b)に示したように、シリコン基板21上に堆積された厚さ50 μ mのクラッド22のほぼ中央に、7 μ m \times 7 μ mの断面を持つコア、例えば、第1連結導波路39及び第2連結導波路40が埋没された構造である。クラッドとコアの屈折率差は0.75%である。

【0006】第1方向性結合器25及び第2方向性結合器28は、分岐比が1:1となる3dB結合器を用いるのが一般的である。入力導波路から入力された光は、第1方向性結合器25で2等分され、第1連結導波路39と第2連結導波路40を伝搬する。第1連結導波路39及び第2連結導波路40を伝搬した光は、第2方向性結合器28で合流して干渉する。第2方向性結合器28で合流した光は、そのときの位相状態によって第1出力導波路26と第2出力導波路27から出力する光の量に変化する。例えば、第1入力導波路23から入射した波長 λ の光が、第1方向性結合器25で2等分され、第2方向性結合器28で合流する場合、第2方向性結合器28で合流する2つの光の位相差が0か波長 λ の整数倍であれば、合流した光は第2出力導波路27から出力する。

一方、合流する2つの光の位相差が半波長($\lambda/2$)の奇数倍であれば、合流した光は第1出力導波路26から出力する。また、合流する光の位相差がその中間の状態、すなわち位相差が0でも波長 λ の整数倍でもなく、かつ半波長の奇数倍でもない状態である場合は、その状態に応じた割合で第1出力導波路26及び第2出力導波路27の両方から光が出力する。

【0007】第1連結導波路39と第2連結導波路40の光路長差を ΔL とし、光路長差 ΔL が0もしくは伝搬する光の波長の半波長程度であるマッハツェンダ干渉計光回路は、図9(a)に示すように、第1連結導波路39上に熱光学移相器41として動作する薄膜ヒータを設けることで、光減衰器や光スイッチとして動作させることができる。

【0008】光路長差 $\Delta L=0$ のマッハツェンダ干渉計光回路の熱光学移相器を動作させたときの光出力特性を図10に示す。熱光学移相器41を動作させない場合、第1入力導波路23から入射した光は、第2出力導波路27から出力する。そこで、熱光学移相器(薄膜ヒータ)41を動作させて第1連結導波路39を加熱し、熱光学効果によって第1連結導波路39の屈折率を高くすることで光路長を実効的に長くした場合、第1入力導波路23から入射した光の一部は第1連結導波路39へと出力されるようになる。第1連結導波路39の温度を調整して光路長差 ΔL が半波長になると、第1入力導波路23から入射した光は、全て第1出力導波路26から出力する。このように、熱光学移相器41を用いて2本の連結導波路の光路長差 ΔL を0から半波長まで可変に調整することで光減衰器として動作させることができ、また、2本の連結導波路の光路長差 ΔL が0と半波長の2点だけで用いれば空間型光スイッチとして動作する。光スイッチでのスイッチングに必要な電力は、薄膜ヒータの長さが5mm、幅が50 μ mの場合で約0.5Wである。また、このときの薄膜ヒータの温度上昇は30 $^{\circ}$ C程度である。

【0009】一方、2本の連結導波路の光路長差 ΔL が数 μ m以上のマッハツェンダ干渉計光回路は、波長フィルタとして動作する。図11は、非対称マッハツェンダ干渉計光回路の概略構成を示す平面図である。この非対称マッハツェンダ干渉計光回路は、シリコン基板21上のクラッド22に作製された第1入力導波路23および第2入力導波路24と、第1入力導波路23と第2入力導波路24を近接させた第1方向性結合器25と、第1出力導波路26および第2出力導波路27と、第1出力導波路26と第2出力導波路27を近接させた第2方向性結合器28と、第1方向性結合器25と第2方向性結合器28を連結する第1連結導波路39および第2連結導波路40から構成される。導波路材料には火炎堆積法により作製した石英ガラスを用いている。その断面はシリコン基板21上に堆積された厚さ50 μ mのクラッド2

2のはば中央に、寸法 $7\mu\text{m}\times 7\mu\text{m}$ のコア、例えば、第1連結導波路39および第2連結導波路40が埋没された構造である。クラッドとコアの比屈折率差は0.75%である。例えば、第1入力導波路23から入射した光のうち、連結導波路間の光路長差 ΔL がちょうど波長の2N倍(Nは整数)となる波長の光は前記第2出力導波路27から出力し、2(N-1)倍の場合は第1出力導波路26から出力する。例えば、光路長差 ΔL が約1.48mmの場合には、周期が200GHz(波長では約1.6nm)の波長フィルタとして動作する。図12は波長フィルタとして用いた場合の波長特性の概念図である。

【0010】ところで、マッハツェンダ干渉計光回路では、図10及び図12に示すように、入力導波路から入射する光の偏波状態によって、2本の連結導波路の光路長差 ΔL が0もしくは半波長程度の光減衰器や光スイッチの場合は同じ減衰量が得られる熱光学移相器41の電力やスイッチング電力が異なる。また、 ΔL が大きな波長フィルタの場合は波長の周期もピークの位置(波長)も異なる。これは、次のような理由からである。

【0011】すなわち、光路長差 ΔL が0もしくは半波長程度の光減衰器や光スイッチの場合は、熱光学移相器が発生させる熱応力の光学的効果が各偏波によって異なることが要因である。具体的には、次のような機構で発生する。熱光学移相器が動作すると、発生した熱は周囲に拡散するが、特に熱伝導の高い物質中を伝搬しようとする。空気中の熱伝導率は $2.61\times 10^{-4}\text{W}/(\text{cm}\cdot\text{deg})$ であり、マッハツェンダ干渉計光回路を構成するガラス導波路の熱伝導率は $0.014\text{W}/(\text{cm}\cdot\text{deg})$ 、シリコン基板の熱伝導率は $1.70\text{W}/(\text{cm}\cdot\text{deg})$ であるため、熱光学移相器41で発生した熱は主にガラス導波路を拡散してシリコン基板21へ伝わるが、シリコン基板21の熱伝導率が極めて高いため、シリコン基板21へほぼ垂直に流れ周囲へはあまり拡散しない。そのため、熱光学移相器41直下の連結導波路は効率良く加熱され、その周囲が局部的に膨張する。

【0012】ガラス導波路は導波路作製時に1000℃以上に熱した後、常温に冷やされる過程で、シリコン基板との熱膨張率の違いからシリコン基板に対し水平方向に強い圧縮応力を受けている。したがって、局部的に膨張した連結導波路周辺はシリコン基板から新たな圧縮応力を基板と水平方向に受けるため、温度上昇による屈折率変化に加え、この圧縮応力による屈折率の変化が生じる。圧縮応力の変化にともない屈折率が変化する現象は光弾性効果と呼ばれ、下記数1で表される。

【数1】

$$\Delta n_{TE} = (\Delta n_x) = C_1 \Delta \sigma_{xx} + C_2 (\Delta \sigma_{yy} + \Delta \sigma_{zz})$$

$$\Delta n_{TM} = (\Delta n_y) = C_1 \Delta \sigma_{yy} + C_2 (\Delta \sigma_{xx} +$$

$\Delta \sigma_{zz})$

数1において、xはシリコン基板と水平な方向、yはシリコン基板と垂直な方向、zは光の導波方向であり、 $\Delta \sigma_{xx}$ 、 $\Delta \sigma_{yy}$ 、 $\Delta \sigma_{zz}$ はそれぞれx方向、y方向、z方向の応力変化量であり、それぞれ引っ張り応力が正の値である。 Δn_{TE} はシリコン基板に水平なx方向に電界成分を持つ光(以下、TEモード光と称する)が感じる屈折率。 Δn_{TM} はシリコン基板に水平なx方向に磁界成分を持つ光(以下、TMモード光と称する)が感じる屈折率である。 C_1 及び C_2 は石英ガラスの光弾性係数であり、 $C_1 = -0.74 \times 10^{-5} \text{mm}^2 \cdot \text{kg}$ 、 $C_2 = -4.1 \times 10^{-5} \text{mm}^2 \cdot \text{kg}$ である。

【0013】数1からわかるように、シリコン基板と水平な方向に圧縮応力が加わった場合、応力変化 $\Delta \sigma_{xx}$ が発生してガラス導波路の屈折率は高くなる。このときの屈折率の変化量は、光弾性係数 C_1 及び C_2 が異なるためTEモード光とTMモード光で異なり、TMモード光の屈折率変化量 Δn_{TM} がTEモード光の屈折率変化量 Δn_{TE} よりも大きい。つまり、熱光学移相器41を駆動した場合、熱光学効果による屈折率変化に加え局部熱応力による屈折率変化によってTMモード光の屈折率変化がTEモード光よりも大きくなり、図10に示すようにTMモード光の光学的変化がTEモード光よりも早く進む。同じ光出力となる熱光学移相器41の駆動電力は約4%程TMモード光のほうが小さい。したがって、2本の連結導波路の光路長差 ΔL が0のマッハツェンダ干渉計を光可変減衰器として用いて、例えばTEモード光に対して10dB減衰させた場合、TMモード光は約11.5dB減衰してしまい、光減衰器に入射する光の偏波面の変動に応じて減衰量が異なってしまう。

【0014】一方、連結導波路の光路長差 ΔL が大きいマッハツェンダ干渉計では、連結導波路間の実効的光路長差は、

【数2】

$$\Delta L = \Delta l \cdot n$$

で表される。数2において、 Δl は連結導波路の物理的な光路長差、 n は連結導波路の屈折率である。シリコン基板21から受けているx方向の強い圧縮応力によって導波路の屈折率は、

【数3】

$$n_{TE} = n_0 + \Delta n_{TE}$$

$$n_{TM} = n_0 + \Delta n_{TM}$$

となる。数3において、 n_0 は応力が加わらないときの導波路の屈折率、 Δn_{TE} 、及び Δn_{TM} はそれぞれ、数1から得られる応力によるTEモード光及びTMモード光の屈折率変化量である。

【0015】TEモード光の屈折率変化量 Δn_{TE} とTMモード光の屈折率変化量 Δn_{TM} ではTMモード光の屈折率変化量 Δn_{TM} のほうが大きいため、連結導波路間の光路長差は実効的にTMモード光の方がTEモード

光よりも大きい。この光回路を波長フィルタとして用いる場合、例えば第1入力導波路23から入力した光を第2出力導波路27へ出力する波長 λ は、

[数4]

$$\Delta L = 2N\lambda$$

を満たすものである。数4において、Nは整数である。

【0016】TEモード光の屈折率変化量 Δn_{TE} とTMモード光の屈折率変化量 Δn_{TM} の値が異なるため、入射する光の偏波状態によって出力する波長が異なる。また、出力する波長の周期、すなわち出力する波長と遮断される波長との差 $\Delta\lambda$ は、

[数5]

$$\Delta\lambda = \lambda^2 / 2n\Delta l$$

で表される。例えば、連結導波路の物理的な光路長差 Δl を20.4mm、入射光の波長 λ を1.55 μ mとすると、数5から波長の周期 $\Delta\lambda$ は0.04nmとなる。しかし、ここでも屈折率が偏波状態によって異なるため、偏波状態によって違う周期となる。これらの理由から、例えばTEモードにおいてある波長の光が分離できても、TMモード光では分離できないという問題があった。

【0017】これらの問題を解決する方法として、マッハツェンダ干渉計光回路の2本の連結導波路の中心に2分の1(1/2)波長板を挿入する方法がある。これによってTEモードで入射した光は、連結導波路の中間でTMモードに変換され、TMモードで入射した光はTEモードに変換されるため、入射したどちらの偏波の光にとっても連結導波路は実効的に同じ長さとなる。そのため、偏波依存性は解消される。

【0018】図13に1/2波長板を挿入し偏波依存性を解消した偏波無依存導波路型マッハツェンダ干渉計光回路の例を示す。図13に示したマッハツェンダ干渉計光回路は、シリコン基板21上のクラッド22に作製された第1入力導波路23及び第2入力導波路24と、第1出力導波路26及び第2出力導波路27と、第1方向性結合器25及び第2方向性結合器28と、第1連結導波路39A、39Bと第2連結導波路40A、40Bと、熱光学移相器(薄膜ヒータ)41A、41Bと、それぞれの連結導波路の光路の中心に形成された1/2波長板挿入構31に挿入された薄膜型1/2波長板32から構成されている。第1方向性結合器25及び第2方向性結合器28は、3dB結合器を用いる。

【0019】1/2波長板挿入構31の作製には、反応性イオンエッチングやダイシングソーなどの機械加工を用いる。薄膜型1/2波長板32は1/2波長板挿入構31に挿入されたのち、光学接着剤などで固定される。1/2波長板は方解石のような結晶でも良いが、結晶を保持するガラス基板も含めると厚さが100 μ m程度あるため損失が大きくなる。そのため、ポリイミドフィルムを延伸し複屈折性をもたせた薄膜フィルムである薄膜

型1/2波長板32を用いるのが一般的である。この結果、多少の損失増加はあるものの、マッハツェンダ干渉計光回路の光学的特性は、図10及び図11に示したようにTEモード光とTMモード光の平均値が得られ、偏波依存性は解消する。

【0020】これまでは、マッハツェンダ干渉計光回路について説明してきたが、他の回路、例えばアレー導波路格子光回路においても同様の効果が得られる。図15に偏波依存性を解消した偏波無依存型アレー導波路格子光回路の例を示す。これは、入力導波路束34、出力導波路束36、第1スラブ導波路35、第2スラブ導波路37、1/2波長板挿入構31、薄膜型1/2波長板32、第1スラブ導波路35及び第2スラブ導波路37の間に配置した第1アレー導波路42A、第2アレー導波路42Bから構成されている。

【0021】第1アレー導波路42A及び第2アレー導波路42Bは、隣接する導波路間に一定の光路長差 ΔL が与えられている。入力導波路束34から入射したある波長の光は第1スラブ導波路35の入り口で回折し第1スラブ導波路35中を広がり、第1アレー導波路42Aに出力される。第1アレー導波路42A及び第2アレー導波路42Bを伝搬した光は第2スラブ導波路37に到達するが、各アレー導波路には隣接した導波路間に一定の光路長差 ΔL が与えてあるので、この光路長差に相当する位相差がついて到達する。第2スラブ導波路37に入った光は回折し広がるが、各アレー導波路から出力した光は互いに干渉し、全体として波面の揃う方向(回折角)に回折し出力導波路との接続部で集光する。この位置に出力導波路を配置しておけばその波長の光が分波できる。波長によって光の速度が違うことからアレー導波路によって与えられる位相差は異なり、波長によって集光位置が異なる。すなわち、各波長の光の集光位置に出力導波路を並べた出力導波路束36を前記第2スラブ導波路37に接続しておけば、各出力導波路から異なった波長の光を出力することができる。

【0022】ところで、シリコン基板からの圧縮応力によってTEモード光とTMモード光ではアレー導波路の実効的光路長差 ΔL が異なる。したがって、ある出力導波路に出力する波長は偏波状態によって異なってしまふ。そこで、アレー導波路の中間に薄膜型1/2波長板32を挿入することでどちらの偏波光に対してもアレー導波路の光路長差を同じにして、出力光の波長の偏波無依存性を解消することができる。

【0023】1/2波長板を挿入することで偏波依存性を解消する方法は、他の光回路、例えばリング共振器や方向性結合器などにも応用出来る方法である。

【0024】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の技術では、薄膜型1/2波長板32によって偏波依存性を除去するためには、厳密には回路の軸対称中心に薄膜

型1/2波長板32を挿入する必要がある、光回路は軸対称性を保ってレイアウトされるのが一般的である。したがって、1/2波長板挿入構31は各連結導波路に対して垂直に形成される。1/2波長板挿入構31に薄膜型1/2波長板32を挿入し光学接着剤で固定した場合、ガラス導波路と光学接着剤、そして光学接着剤と1/2波長板との屈折率の違いから、各連結導波路を伝搬してきた光の一部は反射され、入力導波路側へ戻ってしまう。以下、この入力導波路側へ戻る光を反射戻り光と呼ぶことにする。例えば、図15に示したアレー導波路格子光回路における反射戻り光のスペクトルを図17に示す。図17より最大で-35dBの光が入射ポートに反射していることが分かる。反射戻り光は、このデバイスを使用しているシステムに悪影響を与える場合があるという問題があった。例えば、反射戻り光が半導体レーザーへ戻った場合、レーザーの出力強度は変動し、システムを不安定にしてしまう。

【0025】一方、 $\lambda/2$ 板を挿入する溝31を図14および図16に示すように、対称軸に対して斜めに形成することで反射戻り光を低減することが出来る。しかし、その場合、軸対称性がくずれるため、光回路の偏波依存性は完全に解消することが出来ないという問題があった。

【0026】本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、偏波依存性を完全に解消し、かつ反射戻り光を低減することが可能な偏波無依存導波路型光回路を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、基板上に形成された1本あるいは複数本の入力導波路と、該入力導波路と接続した第1の光カブラと、1本あるいは複数本の出力導波路と、該出力導波路と接続した第2の光カブラと、前記第1の光カブラと第2の光カブラとを接続する複数の連結導波路とからなる光回路の前記連結導波路の光路の中心に、水平偏波の光は垂直偏波の光に変換し、垂直偏波の光は水平偏波の光に変換する偏波回転器を設けた偏波無依存導波路型光回路において、前記複数の連結導波路の中間部分が、それぞれ2個の曲線導波路、または2個の曲線導波路と該曲線導波路を連結する直線導波路から成る同一形状のS字状導波路で構成され、前記偏波回転器が、前記S字状光導波路を横断するように掘られた溝に1個もしくは2個設けられており、前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前記S字状導波路とが0度よりも大きい角度をなしていることを特徴とするものである。

【0028】また、請求項2に記載の発明は、基板上に形成された2本の光導波路が接近されてなる第1方向性結合器及び第2方向性結合器と、前記第1方向性結合器及び前記第2方向性結合器を連結する2本の連結導波路

から成るマッハツェンダ干渉計型光導波回路の前記連結導波路の光路の中心に、水平偏波の光は垂直偏波の光に変換し、垂直偏波の光は水平偏波の光に変換する偏波回転器を設けた偏波無依存導波路型光回路において、前記2本の連結導波路の中間部分が、それぞれ2個の曲線導波路、または2個の曲線導波路と該曲線導波路を連結する直線導波路から成る同一形状のS字状導波路で構成され、前記偏波回転器が、前記S字状光導波路を横断するように掘られた溝に1個もしくは2個設けられており、前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前記S字状導波路とが0度よりも大きい角度をなしていることを特徴とするものである。

【0029】また、請求項3に記載の発明は、基板上に形成された2本の光導波路が接近されてなる第1マルチモード干渉カブラ及び第2マルチモード干渉カブラと、該第1マルチモード干渉カブラ及び第2マルチモード干渉カブラを連結する2本の連結導波路から成るマッハツェンダ干渉計型光導波回路の前記連結導波路の光路の中心に、水平偏波の光は垂直偏波の光に変換し、垂直偏波の光は水平偏波の光に変換する偏波回転器を設けた偏波無依存導波路型光回路において、前記2本の連結導波路の中間部分が、それぞれ2個の曲線導波路、または2個の曲線導波路と該曲線導波路を連結する直線導波路から成る同一形状のS字状導波路で構成され、前記偏波回転器が、前記S字状光導波路を横断するように掘られた溝に1個もしくは2個設けられており、前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前記S字状導波路とが0度よりも大きい角度をなしていることを特徴とするものである。

【0030】また、請求項4に記載の発明は、請求項2又は3に記載の発明において、前記連結導波路の少なくとも1方に熱光学移相器が設けられており、該熱光学移相器が前記偏波回転器の入力側および出力側に分離されて設けられていることを特徴とするものである。

【0031】また、請求項5に記載の発明は、1本あるいは複数本の入力導波路と、該入力導波路を伝搬してきた光が自由伝搬する第1スラブ導波路と、該第1スラブ導波路に接続された複数本の導波路であり、かつ、隣接する導波路間にそれぞれ一定の光路長差が設けられたアレー導波路と、該アレー導波路が接続されアレー導波路を伝搬してきた光が自由伝搬する第2スラブ導波路と、該第2スラブ導波路に接続された1本あるいは複数本の出力導波路からなるアレー導波路格子回路の前記アレー導波路の光路の中心に、水平偏波の光は垂直偏波の光に変換し、垂直偏波の光は水平偏波の光に変換する偏波回転器を設けた偏波無依存導波路型光回路において、前記アレー導波路の中間部分が、それぞれ2個の曲線導波路、または2個の曲線導波路と該曲線導波路を連結する直線導波路からなる同一形状のS字状導波路で構成され、前記偏波回転器が、前記S字状導波路を横断するよ

うに掘られた溝に1個もしくは複数個設けられており、前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前記S字状導波路とが0度よりも大きい角度をなしていることを特徴とするものである。

【0032】また、請求項6に記載の発明は、請求項1乃至5いずれか1項に記載の発明において、前記偏波回転器の光の入射面に対する垂線と前記S字状導波路とのなす角が3～10度であることを特徴とするものである。

【0033】また、請求項7に記載の発明は、請求項1乃至6いずれか1項に記載の発明において、前記曲線導波路を連結する直線導波路が、長手方向に幅の変化するテーパー形状になっており、前記偏波回転器の部分でその幅が最大になっていることを特徴とするものである。

【0034】また、請求項8に記載の発明は、請求項1乃至7いずれか1項に記載の発明において、前記偏波回転器は、1/2波長板であり、該1/2波長板の光学的主軸が導波路基板面と45度の角度をなすように設置されていることを特徴とするものである。

【0035】また、請求項9に記載の発明は、請求項1乃至8いずれか1項に記載の発明において、前記偏波回転器が、薄膜型1/2波長板であることを特徴とするものである。

【0036】また、請求項10に記載の発明は、請求項1乃至9いずれか1項に記載の発明において、前記光導波路がガラス光導波路であることを特徴とするものである。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。

【実施例1】図1は、本発明による実施例1の偏波無依存導波路型光回路の概略構成を示す平面図であり、図2は、図1のA-A'線での断面図である。

【0038】図1及び図2において、符号1はシリコン基板、2はクラッド、3は第1入力導波路、4は第2入力導波路、5は、第1の光カプラとして機能する第1方向性結合器、6は第1出力導波路、7は第2出力導波路、8は、第2の光カプラとして機能する第2方向性結合器、9は第1連結導波路、10は第2連結導波路、11は1/2波長板挿入構、12は偏波回転器として機能する薄膜型1/2波長板、9Aは第1展開導波路、9Bは第1曲線導波路、9Cは第1直線導波路、9Dは第2展開導波路、9Eは第2曲線導波路、9Fは第2直線導波路、9G、9Hは熱光学移相器（薄膜ヒータ）、10Aは第3展開導波路、10Bは第3曲線導波路、10Cは第3直線導波路、10Dは第4展開導波路、10Eは第4曲線導波路、10Fは第4直線導波路であり、図2において、13は光学的主軸である。

【0039】本実施例1の偏波無依存導波路型光回路は、マッハツェンダ干渉計光回路であり、図1及び図2

に示すように、シリコン基板1上のクラッド2に形成される第1入力導波路3及び第2入力導波路4と、第1入力導波路3および第2入力導波路4を近接させた第1方向性結合器5と、第1出力導波路6および第2出力導波路7と、第1出力導波路6と第2出力導波路7を近接させた第2方向性結合器8と、第1方向性結合器5と第2方向性結合器8を連結する第1連結導波路9及び第2連結導波路10と、第1連結導波路9と第2連結導波路10を貫く1/2波長板挿入構11に挿入された薄膜型1/2波長板12により構成されている。第1方向性結合器5及び第2方向性結合器8には3dB結合器を用いる。

【0040】また、第1連結導波路9は、第1方向性結合器5に接続した第1展開導波路9Aと、第1展開導波路9Aに接続した第1曲線導波路9Bと、第1曲線導波路9Bと1/2波長板挿入構11の間に位置する第1直線導波路9Cと、第2方向性結合器8に接続した第2展開導波路9Dと、第2展開導波路9Dに接続した第2曲線導波路9Eと、第2曲線導波路9Eと1/2波長板挿入構11の間に位置する第2直線導波路9Fにより構成される。

【0041】同様に、第2連結導波路10は、第1方向性結合器5に接続した第3展開導波路10Aと、第3展開導波路10Aに接続した第3曲線導波路10Bと、第3曲線導波路10Bと1/2波長板挿入構11の間に位置する第3直線導波路10Cと、第2方向性結合器8に接続した第4展開導波路10Dと、第4展開導波路10Dに接続した第4曲線導波路10Eと、第4曲線導波路10Eと1/2波長板挿入構11の間に位置する第4直線導波路10Fにより構成される。

【0042】本実施例1のマッハツェンダ干渉計光回路は、図9に示した従来のマッハツェンダ干渉計光回路を1/2波長板挿入構11で2分割し、同一半径で同一角度 Θ 1を持った第1曲線導波路9Bと第3曲線導波路10Bと、同一半径で同一角度 Θ 1を持つが回転中心の方向が、第1曲線導波路9Bと第3曲線導波路10Bと180度異なる第2曲線導波路9Eと第4曲線導波路10Eと、そしてそれらを第1直線導波路9C、第3直線導波路10C、第2直線導波路9F、第4直線導波路10Fで結んだ構造と言える。

【0043】第1連結導波路9の中間部分の第1曲線導波路9B、第1直線導波路9C、第2曲線導波路9E、第2直線導波路9Fで構成されるS字状導波路と、第2連結導波路10の中間部分の第3曲線導波路10B、第3直線導波路10C、第4曲線導波路10E、第4直線導波路10Fで構成されるS字状導波路とは同一形状であり、それぞれの光路長は等しくなっている。そのため、第1連結導波路9と第2連結導波路10の間の光路長差 ΔL は、第1展開導波路9A、第3展開導波路10A、第2展開導波路9D、第4展開導波路10Dの展開

距離によって与えられる。

【0044】各導波路は、火炎堆積法と反応性イオンエッチングによって作製された石英系光導波路である。その断面は、図2に示すように、シリコン基板1上に堆積された厚さ50 μ mのクラッド2のほぼ中央に、7 μ m \times 7 μ mの断面形状を持つコア、たとえば第2直線導波路9Fや第4直線導波路10Fが埋没された構造になっている。クラッド2とコアの比屈折率差は0.75%である。

【0045】また、1/2波長板挿入構11は、図1に示すように第1方向性結合器5と第2方向性結合器8を連結する第1連結導波路9及び第2連結導波路10の光路の中心に、その垂線が第1直線導波路9C、第2直線導波路9F、第3直線導波路10C、第4直線導波路10Fとそれぞれ角度 θ_1 を成すように形成されており、幅30 μ m程度、深さ100 μ m程度である。1/2波長板挿入構11は、反応性イオンエッチングやダイシングソーなどの機械加工で作製される。1/2波長板挿入構11に挿入される薄膜型1/2波長板12は、例えば、ポリイミドフィルムを一方向に延伸した厚さ約20 μ m程度の膜で、延伸方向に屈折率が高くなっているため面内複屈折を有するもので、1/2波長板として動作するようにその光学的主軸13は、図2に示すように、シリコン基板1との角度 θ_1 が45度になるように設置される。

【0046】1/2波長板挿入構11に挿入された薄膜型1/2波長板12は、紫外線硬化型や熱硬化型の光学接着剤で固定される。薄膜型1/2波長板12は、第1方向性結合器5で2等分された後、第1連結導波路9の第1展開導波路9A、第1曲線導波路9B、第1直線導波路9Cと、第2連結導波路10の第3展開導波路10A、第3曲線導波路10B、第3直線導波路10Cを伝搬してきた波長1.55 μ mのTEモード光をTMモード光に、そしてTMモード光をTEモード光にという具合に、偏波面を90度回転させる。薄膜型1/2波長板12は第1連結導波路9および第2連結導波路10のそれぞれの光路の中心に配置されていることから、どちらのモード光にとっても同じ光路長となるため、マッハツェンダ干渉計光回路の偏波依存性は解消される。

【0047】連結導波路、薄膜型1/2波長板12、及び薄膜型1/2波長板12を固定している光学接着剤のそれぞれの屈折率は一般的に異なっているため、連結導波路を伝搬してきた光は、それぞれの境界面で反射される。

【0048】図3は、本実施例1の偏波無依存導波路型光回路の作用を説明するための図であり、1/2波長板の光の入射面に対する垂線と導波路とが成す角度 θ_1 に応じた反射戻り光量の計算結果を示している。

【0049】図3に示した計算結果は、導波路のコア断面の寸法を7 μ m \times 7 μ m、クラッドとコアの比屈折率

差を0.75%、そして1/2波長板挿入構11に充填された物質を空気(屈折率は1.0)と仮定して行った場合である。通常、導波路との境界には接着剤が充填されるが、接着剤の屈折率は導波路の屈折率に近いものを用いることから、この計算の反射戻り光量が最も多い値であり、実際の反射戻り先はこの計算よりも少ない。

【0050】薄膜型1/2波長板12と各連結導波路の直線導波路部分との角度 θ_1 が、例えば反射端が空気で角度が0度の場合14.7dBの反射戻り光があるが、角度 θ_1 が大きくなるに従って小さくなり、例えば角度 θ_1 が5度以上で30dB以上、8度以上で60dB以上となる。従って、反射戻り光を低減するという観点からだけ考えると、この角度 θ_1 はできるだけ大きいことが望ましいが、 θ_1 が大きくなりすぎると薄膜型1/2波長板12による偏波変換効率が劣化する。 θ_1 と偏波変換効率の関係を図4に示す。図4により θ_1 が10度以上では偏波変換効率が99.9%以下になってしまい、急速に偏波無依存特性が劣化してしまう。このため θ_1 としては3乃至10度が好ましい。また、このような構造とすることで薄膜型1/2波長板挿入溝11は1本となり、ダイシングソーなどの機械加工で形成出来るようになる。エッチングなどの作製方法に比べ、簡便に、かつ短時間に溝を形成することが可能となり、量産化に有利である。

【0051】本実施例では $\theta_1=5$ 度として設計を行った。このとき入射ポートへの反射戻り光は入射光に対して-39dBであった。従来の $\theta_1=0$ 度の場合反射戻り光が-22dBであったことと比較すると、反射戻り光が約17dB低減できた。

【0052】[実施例1-1]図5は、本発明による実施例1-1の偏波無依存導波路型光回路の概略構成を示す平面図である。本実施例は、2本の連結導波路の光路長差 ΔL が数 μ m以上の波長フィルタとしての偏波無依存非対称マッハツェンダ干渉計光回路である。薄膜型1/2波長板による反射の低減は、実施例1と同様に第1の連結導波路9および第2の連結導波路10の中央部に、第1曲線導波路9Bおよび10B、第1直線導波路9Cおよび10C、第2の直線導波路9Fおよび10F、第2の曲線導波路9Eおよび10Eを設けることにより実現される。第1曲線導波路9B、第1直線導波路9C、第2の直線導波路9F、第2の曲線導波路9Eの長さの合計と第1曲線導波路10B、第1直線導波路10C、第2の直線導波路10F、第2の曲線導波路10Eの長さの合計は等しいため、光路長差 ΔL は第1の展開導波路9Aおよび10Aと第2の展開導波路9Dおよび10Dによって与えられる。

【0053】更に、第1の直線導波路9Cおよび10C、第2の直線導波路9Fおよび10Fを図6に示すテーパー形状(T)にすることで、薄膜型1/2波長板12に入射するときの導波モードのフィールドを広げること

ができ、結果的に薄膜型1/2波長板12で発生する反射光が導波路に再結合する効率を低減できる。すなわち、図6に示すテーパ導波路を用いることにより反射光を低減できる。またこのテーパ導波路は、薄膜型1/2波長板挿入溝11による過剰損失を低減する効果もある。本実施例では、コア幅を7 μm から最も広い部分で12 μm にまで広げることにより反射戻り光を-41 dBに低減できた。コア幅を変化させない場合に比べて約2dBの反射抑制が実現できた。

【0054】以上説明したように、本実施例1によれば、マッハツェンダ干渉計光回路において、第1方向性結合器と第2方向性結合器を結ぶ連結導波路の中間部分に2本の曲線導波路とその曲線導波路を結ぶ直線導波路から成る同一形状のS字状導波路を設け、S字状導波路部分に1/2波長板を挿入することで、偏波依存性を解消し、かつ反射戻り光を低減した偏波無依存型マッハツェンダ干渉計光回路を得ることができる。上述した実施例では、マッハツェンダ干渉計光回路を構成する光カプラとして方向性結合器5、8を用いたが、この代わりにマルチモード干渉カプラを用いてもよい。

【0055】〔実施例2〕図7は、本発明による実施例2の偏波無依存導波路型光回路の概略構成を示す平面図であり、14は入力導波路束、15は第1スラブ導波路、16は出力導波路束、17は第2スラブ導波路、18はアレー導波路、18Aは第1アレー導波路、18Bは第1曲線導波路束、18Cは第1直線導波路束、18Dは第2アレー導波路、18Eは第2曲線導波路束、18Fは第2直線導波路束である。

【0056】本実施例2の偏波無依存導波路型光回路は、アレー導波路格子光回路であって、図7に示すように、入力導波路束14と、入力導波路束14と接続された第1スラブ導波路15と、出力導波路束16と、出力導波路束16と接続された第2スラブ導波路17と、第1スラブ導波路15と第2スラブ導波路17を接続するアレー導波路18と、アレー導波路18を貫く1/2波長板挿入溝11に挿入された薄膜型1/2波長板12により構成されている。

【0057】アレー導波路18は、第1スラブ導波路15に接続された第1アレー導波路18Aと、第1アレー導波路18Aに接続された第1曲線導波路束18Bと、第1曲線導波路束18Bと1/2波長板挿入溝11との間に位置する第1直線導波路束18Cと、第2スラブ導波路17に接続された第2アレー導波路18Dと、第2アレー導波路18Dに接続された第2曲線導波路束18Eと、第2曲線導波路束18Eと1/2波長板挿入溝11の間に位置する第2直線導波路束18Fによって構成される。

【0058】第1アレー導波路18Aと第1曲線導波路束18B、第1曲線導波路束18Bと第1直線導波路束18Cのそれぞれの接続点、及び第2アレー導波路18

Dと第2曲線導波路束18E、第2曲線導波路束18Eと第2直線導波路束18Fのそれぞれの接続点は、図4に示すように、1/2波長板挿入溝11や薄膜型1/2波長板12と平行な同一直線上にある。また、1/2波長板挿入溝11は、エッチングやダイシングソーなどの機械加工で作製される。

【0059】本実施例2のアレー導波路格子光回路は実施例1のマッハツェンダ干渉計光回路と同じ方法で薄膜型1/2波長板12からの反射戻り光を低減する構造である。つまり、図9に示したアレー導波路格子光回路を1/2波長板挿入溝11で切り離し、その間を第1曲線導波路束18Bと第2曲線導波路束18E、そして第1直線導波路束18Cと第2直線導波路束18FからなるS字状導波路で連結した構造と言える。

【0060】第1曲線導波路束18B及び第2曲線導波路束18Eを構成する曲線導波路は全て同じ曲率半径と角度 Θ_2 をもち、第1曲線導波路束18Bの曲線と第2曲線導波路束18Eの曲線との回転中心の方向は180度異なっている。また、第1直線導波路束18C及び第2直線導波路束18Fを構成する直線導波路は全て同じ長さを持ち、かつその垂線は1/2波長板挿入溝11及び薄膜型1/2波長板12と同一の角度 Θ_2 をつくる。つまり第1アレー導波路18A及び第2アレー導波路18Dに挟まれた各導波路は全て同一のS字状の形状であり、同じ光路長を持つ。したがって、第1スラブ導波路15と第2スラブ導波路17に挟まれたアレー導波路18の各導波路は、隣り合った導波路と光路長差 ΔL を持ち、図14に示したアレー導波路格子光回路と同じ特性を有する。

【0061】薄膜型1/2波長板12の垂線と第1直線導波路束18Cと第2直線導波路束18Fを構成する各直線導波路との角度 Θ_2 は、実施例1と同じく3乃至10度が好ましい。本実施例では $\Theta_2 = 5$ 度となるように設計を行った。この場合のアレー導波路格子光回路の反射スペクトルを図8に示す。反射は最大でも-5.0 dB程度であり、従来技術の-3.5 dB(図16参照)と比較して1.5 dBの反射抑制が実現できていることが分かる。また、このような構造とすることで薄膜型1/2波長板挿入溝11は1本となり、ダイシングソーなどの機械加工で形成出来るようになる。従って実施例1と同様にエッチングなどの作製方法に比べ、簡便に、かつ短時間に溝を形成することが可能となり、量産化に有利である。

【0062】以上説明したように、本実施例2によれば、アレー導波路格子光回路において、第1スラブ導波路と第2スラブ導波路の間のアレー導波路の中間部分に、2本の曲線導波路とその曲線導波路を結ぶ直線導波路から成る同一形状のS字状導波路を設け、S字状導波路部分に1/2波長板を挿入することで、偏波依存性を解消し、かつ反射戻り光を低減した偏波無依存型アレー導波路格子光回路を得ることができる。

【0063】以上、本発明を、実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、上述した実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることはもちろんである。たとえば、実施例1及び実施例2では1/2波長板挿入構11はS字状導波路の各直線導波路を横切るように形成されていたが、S字状導波路は直線導波路を省いて曲線導波路を接続し、その曲線導波路の接続位置に1/2波長板挿入構11を形成してもよい。また、実施例では光回路が光の伝搬する方向に対称構造を成していたため薄膜型1/2波長板12を光回路の物理的な中間点に挿入したが、薄膜型1/2波長板12はS字状導波路18の範囲であれば、図7において横方向の平行移動しても光学特性は変化しない。このため、1/2波長板挿入溝11及び薄膜型1/2波長板12が、光回路の物理的な中間点にあることが本発明の必須条件ではない。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、導波路型光回路において、偏波依存性を完全に解消し、かつ反射戻り光を低減することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施例1の偏波無依存導波路型光回路の概略構成を示す平面図である。

【図2】図1のA-A'線での断面図である。

【図3】本実施例1の偏波無依存導波路型光回路の作用を説明するための図である。

【図4】薄膜型1/2波長板による偏波変換効率の入射角 θ 1依存性を示す図である。

【図5】実施例1-1の偏波無依存導波路型光回路の概略構成を示す平面図である。

【図6】実施例1-1のテーパ導波路を用いた偏波無依存導波路型光回路の概略構成を示す平面図である。

【図7】本発明による実施例2の偏波無依存導波路型光回路の概略構成を示す平面図である。

【図8】実施例2における反射スペクトルを示す図である。

【図9】従来のマッハツェンダ干渉計光回路を示す図で、(a)は平面図、(b)は断面図である。

【図10】従来のマッハツェンダ干渉計光回路の特性を説明するための図である。

【図11】非対称マッハツェンダ干渉計光回路の平面図である。

【図12】従来のマッハツェンダ干渉計光回路の特性を説明するための図である。

【図13】従来の偏波無依存型マッハツェンダ干渉計光回路の平面図である。

【図14】反射戻り光を抑制したマッハツェンダ干渉計光回路の平面図である。

【図15】従来の偏波無依存型アレイ導波路格子光回路の平面図である。

【図16】反射戻り光を抑制したアレイ導波路格子光回路の平面図である。

【図17】図15の従来のアレイ導波路格子光回路の反射スペクトルを示す図である。

【符号の説明】

- 1, 21 シリコン基板
- 2, 22 クラッド
- 3, 23 第1入力導波路
- 4, 24 第2入力導波路
- 5, 25 第1方向性結合器
- 6, 26 第1出力導波路
- 7, 27 第2出力導波路
- 8, 28 第2方向性結合器
- 9 第1連結導波路
- 9A 第1展開導波路
- 9B 第1曲線導波路
- 9C 第1直線導波路
- 9D 第2展開導波路
- 9E 第2曲線導波路
- 9F 第2直線導波路
- 9G 熱光学移相器(薄膜ヒータ)
- 9H 熱光学移相器(薄膜ヒータ)
- 10 第2連結導波路
- 10A 第3展開導波路
- 10B 第3曲線導波路
- 10C 第3直線導波路
- 10D 第4展開導波路
- 10E 第4曲線導波路
- 10F 第4直線導波路
- 11, 31 1/2波長板挿入構
- 12, 32 薄膜型1/2波長板
- 13 光学的主軸
- 14, 34 入力導波路束
- 15, 35 第1スラブ導波路
- 16, 36 出力導波路束
- 17, 37 第2スラブ導波路
- 18 アレイ導波路
- 18A 第1アレイ導波路
- 18B 第1曲線導波路束
- 18C 第1直線導波路束
- 18D 第2アレイ導波路
- 18E 第2曲線導波路束
- 18F 第2直線導波路束
- 19, 19A, 19B 第1連結導波路
- 20, 20A, 20B 第2連結導波路
- 21, 21A, 21B 熱光学移相器
- 22A 第1アレイ導波路
- 22B 第2アレイ導波路
- 39, 39A, 39B 第1連結導波路
- 40, 40A, 40B 第2連結導波路

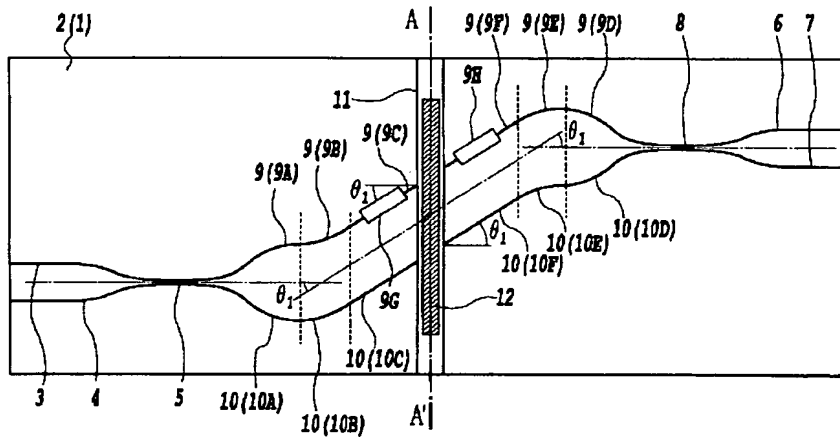
41、41A、41B 熱光学移相器

* 42B 第2アレー導波路

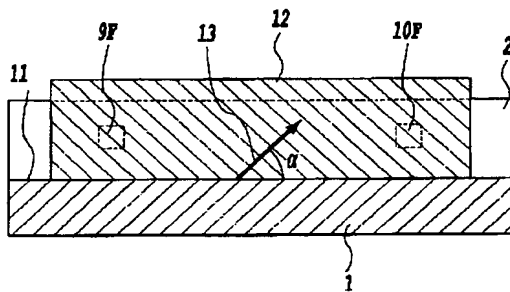
42A 第1アレー導波路

*

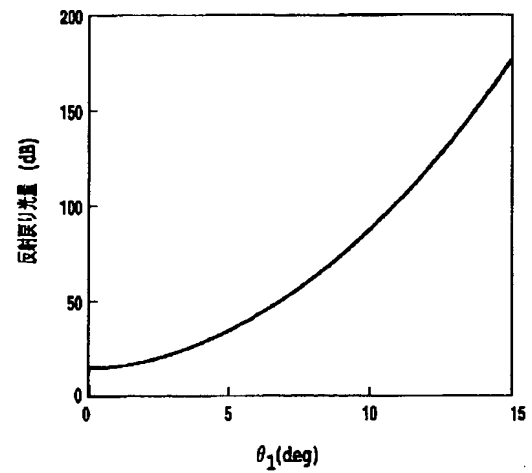
【図1】



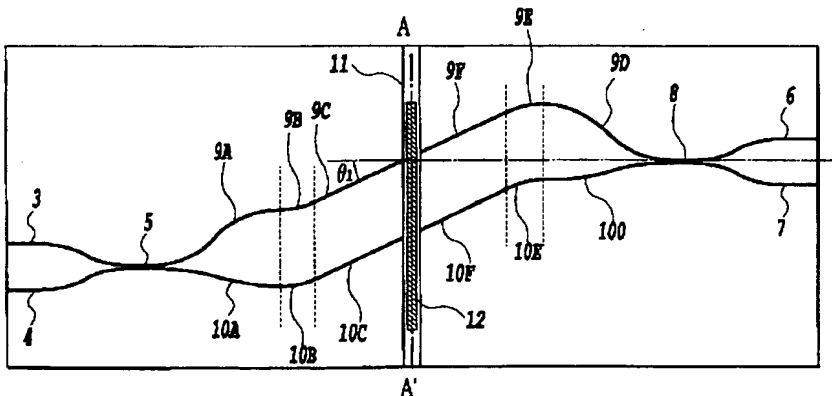
【図2】



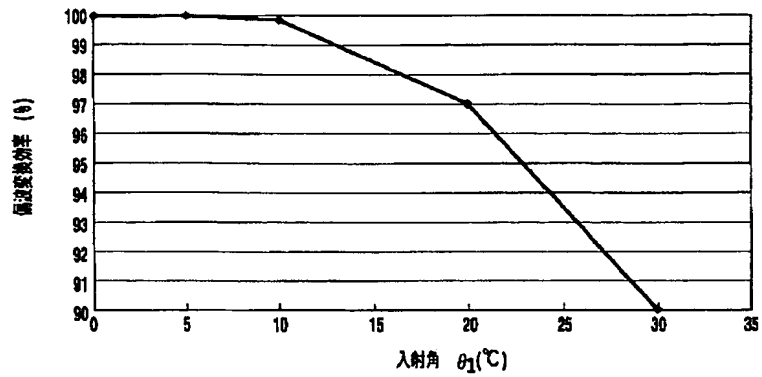
【図3】



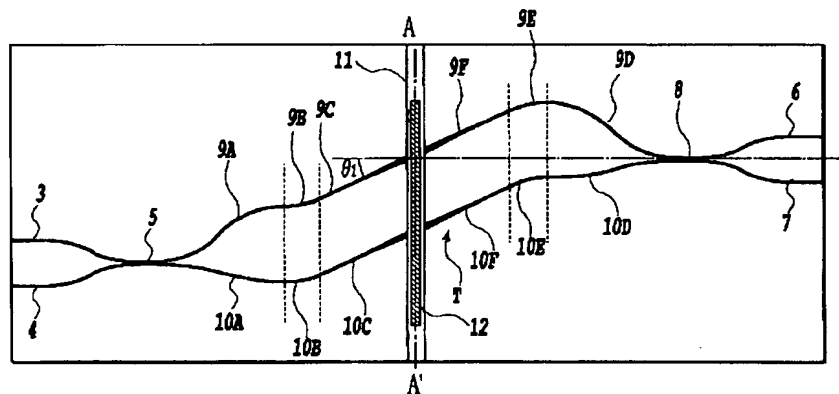
【図5】



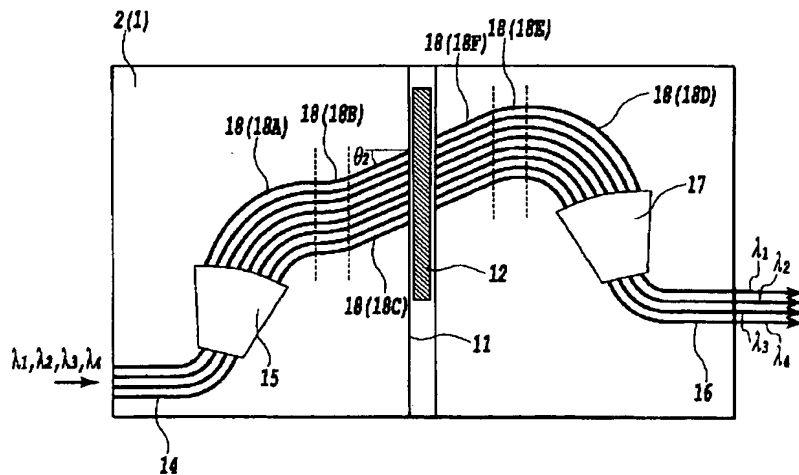
【図4】

薄膜型1/2波長板による偏波変換効率の入射角 θ_1 依存性

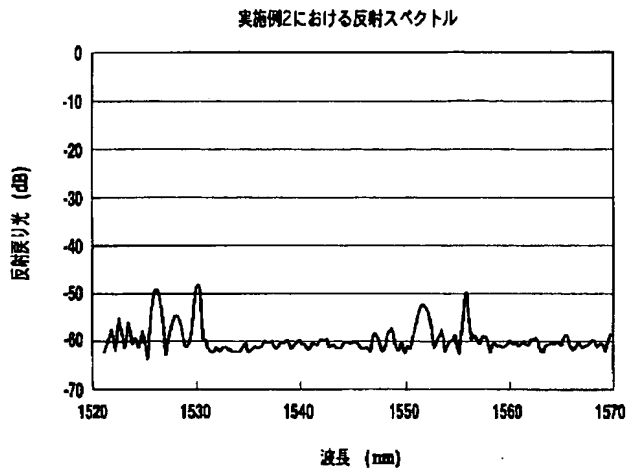
【図6】



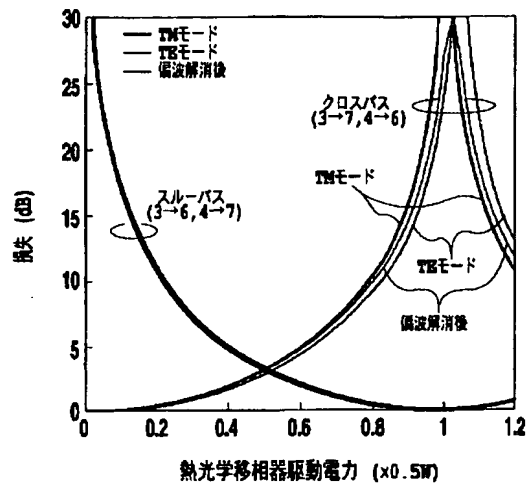
【図7】



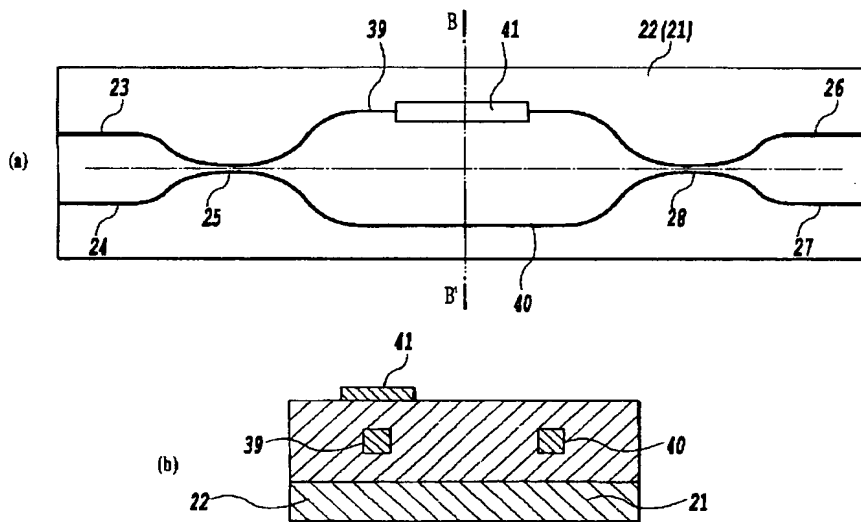
【図8】



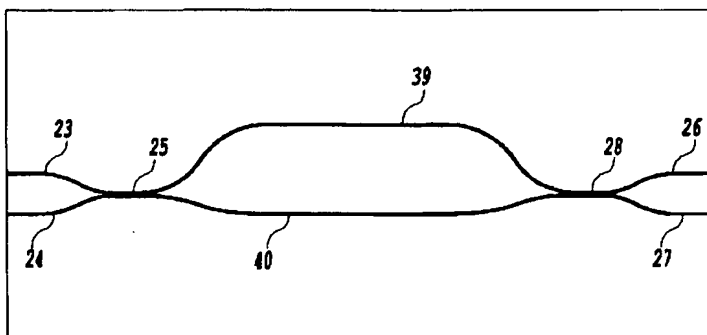
【図10】



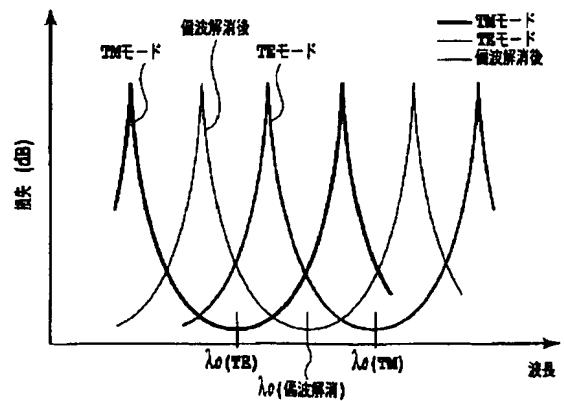
【図9】



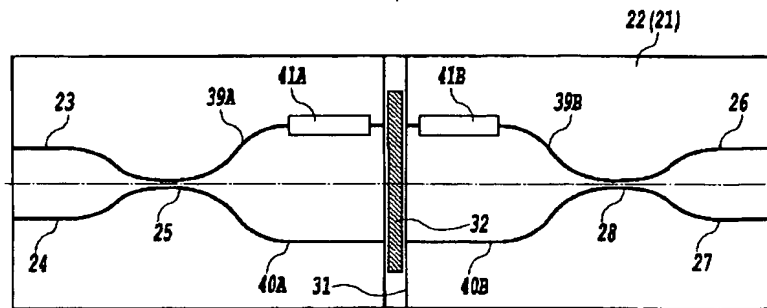
【図11】



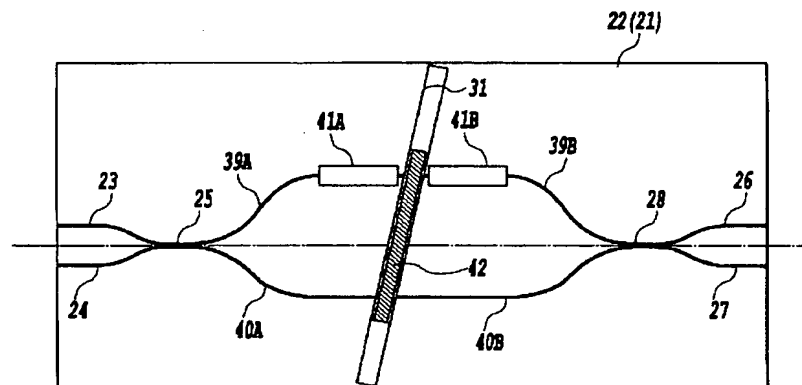
【図12】



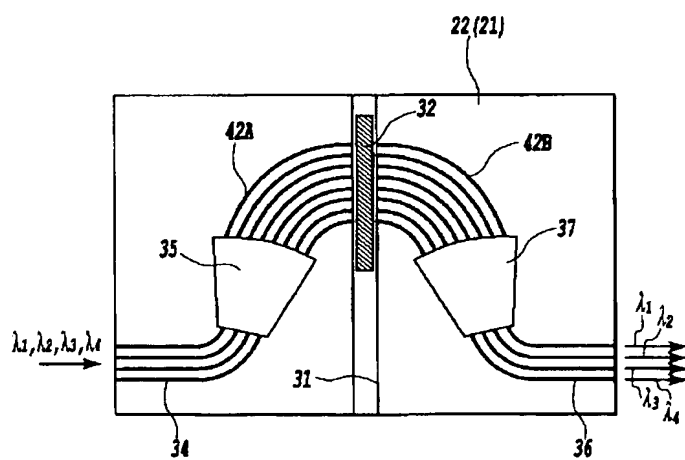
【図13】



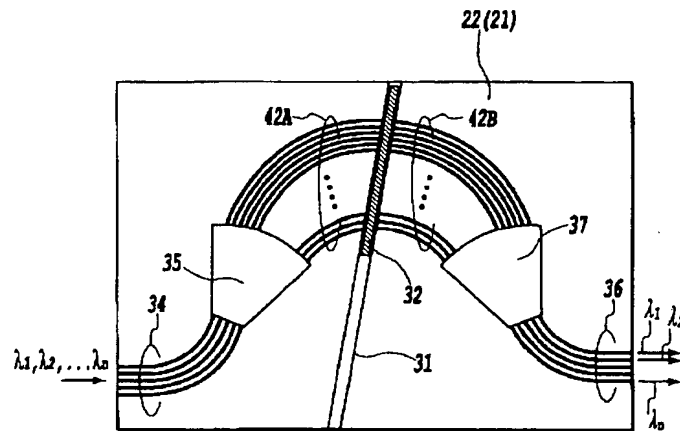
【図14】



【図15】

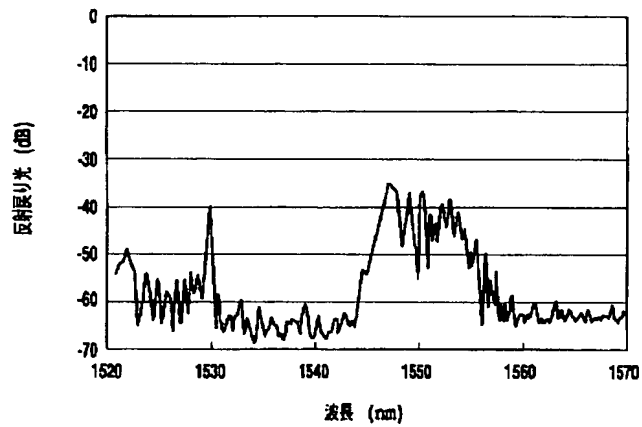


【図16】



【図17】

図15の従来技術によるアレー導波路格子光回路の反射スペクトル



フロントページの続き

(72)発明者 姫野 明
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 日比野 善典
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
本電信電話株式会社内